

С.В. Бойченко, д-р техн. наук, проф. ORCID 0000-0002-1196-3852

В.Г. Ланецький, канд. техн. наук, доц.

Л.М. Черняк, канд. техн. наук, доц.

М.М. Радомська, канд. техн. наук, доц.

О.Г. Кондакова, аспірантка

Національний авіаційний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КАВІТАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ НА ОКТАНОВЕ ЧИСЛО АВТОМОБІЛЬНОГО БЕНЗИНУ

Сьогодні принципово важливим є вирішення проблеми підвищення експлуатаційних властивостей палив з одночасним збереженням або ж покращенням їх екологічних характеристик. Авторами статті проаналізовано можливі способи обробки автомобільного бензину, з метою підвищення октанового числа. Визначено, що кавітаційна обробка є перспективним та ефективним способом впливу антидетонаційні властивості автомобільних бензинів. У даній статті представлено результати дослідження впливу кавітаційної обробки автомобільного бензину марки А-92 на його октанове число. Встановлено оптимальні робочі параметри, за яких досягається покращення підвищення октанового числа бензину. Встановлено, що під час кавітаційної обробки збільшення октанового числа спостерігається на початковому етапі обробки. Збільшення часу кавітаційної обробки проб бензину А-92 негативно впливає на величину октанового числа, що приводить до помутніння проб з подальшим випадом осаду чорного кольору. Також представлені результати дослідження фізичної стабільності автомобільного бензину після обробки кавітацією.

Ключові слова: кавітаційна обробка, автомобільний бензин, октанове число, моторні палива, фізична стабільність, етанол

Вступ. Технічний прогрес в автомобілебудуванні вимагає відповідних рішень від виробників паливно-мастильних матеріалів з метою забезпечення експлуатаційної надійності роботи сучасних транспортних засобів. Як відомо, на сьогодні принципово важливим є вирішення проблеми підвищення експлуатаційних властивостей палив з одночасним збереженням або ж покращенням їх екологічних характеристик. Тому, сучасні перспективи розвитку нафтопереробної промисловості світу розглядаються, у першу чергу, через призму екологічної безпеки, як самого процесу виробництва, так і товарних нафтопродуктів, що виробляються.

Відомо, що кавітаційна обробка на сьогодні використовується досить успішно для вирішення проблеми покращення тих чи інших властивостей як паливних нафтових фракцій, так і товарних нафтопродуктів. Так, авторами [1] експериментально підтверджена можливість виділення енергії активації в кількості, що перевищує енергію, що необхідна для деструкції молекул вуглеводня на радикал-іони і участь їх в реакціях ізомеризації і ароматизації.

Автори [2], у результаті дослідження впливу кавітаційної обробки на властивості бензину у присутності водню, встановили, що в наслідок кавітаційної обробки низько октанового бензину у присутності перекису водню, у бензині утворюються метанол та етанол. І. як результат – зростає октанове число.

Цей факт є важливим, враховуючи те, що учасні виробники автомобільних бензинів, у першу чергу, концентрують увагу на підвищенні найважливішої експлуатаційної властивості бензинів – детонаційної стійкості. Це, як правило, досягається шляхом додавання до бензинів різноманітних високооктанових компонентів, у тому числі і біокомпонентів.

Метою ж нашого дослідження було визначення впливу обробки автомобільного бензину гідродинамічною кавітацією на значення його октанового числа. З метою подальшого ефективного застосування даного типу обробки для покращення даної характеристики.

Вирішення завдання. Як відомо, будь-яке нафтове паливо складається із вуглеводневих фракцій. Фракція – це група вуглеводнів (частина нафти або нафтопродукту), що мають відповідні довжини молекулярного ланцюга, а й отже, відповідні температурні межі випаровування (кипіння). Чим менша довжина вуглеводневих ланцюгів компонентів певної фракції, тим нижчі температури їх кипіння і, навпаки, – чим більші довжини вуглеводневих ланцюгів, тим вищі температури її кипіння. Сучасні автомобільні бензини містять у своєму складі саме ті вуглеводні, що забезпечують оптимальну

випаровуваність для забезпечення швидкого утворення пароповітряної суміші у камері згорання та ефективного згорання палива [1-4].

Відомо, що кавітація є явищем виникнення в крапельній рідині бульбашок (каверн, порожнин). Якщо зниження тиску здійснюється в наслідок появи великих місцевих швидкостей у потоці рухомої крапельної рідини, то кавітація називається гідродинамічною, а якщо внаслідок проходження в рідині акустичних хвиль, то – акустичною.

Акустична кавітація – це утворення та схлопування парогазових бульбашок у рідині під дією звуку. Каверни утворюються в результаті розриву рідини під час на півперіодів стиску. Вони заповнені в основному насиченою парою даної рідини, тому процес іноді називається паровою кавітацією.

Гідродинамічна кавітація виникає в тих ділянках, де тиск знижується до деякого критичного значення. Присутні в рідині бульбашки газу чи пари, рухаючись з потоком рідини та попадаючи в область тиску менше критичного, набувають здатності необмеженого росту.

Після переходу в зону підвищеного тиску ріст припиняється і бульбашки схлопуються. Захлопування бульбашок породжує в кавітаційній області потужні гідродинамічні імпульси у вигляді ударних мікрохвиль та мікропотоків.

Енергія схлопуючих бульбашок призводить до:

- стерилізації рідини, що обробляється;
- емульгуванню продуктів, що зазвичай не змішуються;
- розриву великих та довгих молекул, що утворюють кластери у рідинах, а також переведення їх в новий структурний стан;
- диспергуванню до мікронного рівня твердих частинок в рідині;
- гомогенізації продукту, що обробляється;
- інтенсифікації хімічних реакцій в десятки, а то й тисячі разів і т.д.

На сьогодні ефекти кавітації використовуються в галузях діагностики, медицини, сільського господарства [5-15].

Автори Національного авіаційного університету Бойченко С.В., Ланецький В.Г., Горупа В.В., Романенко В.Г. запропонували спосіб обробки біопалив та їх похідних гідродинамічною кавітацією, патент на корисну модель № 91193 від 25.06.2014р., Бюлетень №12. Спосіб відрізняється тим, що генератором коливань тиску створюється інтенсивний кавітаційний потік і одночасно здійснюється механічний, тепловий та ультразвуковий вплив, при цьому здійснюється гомогенізація біопалива, змінюється його фізичні властивості, руйнуються кластерні утворення, розчинюються і змішуються присадки та добавки.

Для продовження досліджень впливу кавітації на ефективність змішування палив і добавок та визначенню впливу часу обробки кавітацією на основні властивості автомобільного бензину був спроектований і виготовлений стенд, принципова гідравлічна схема якого представлена на рис. 1-2. Предметом дослідження було обрано автомобільний бензин марки А-92. Джерелом тиску вибраний насос 1 об'ємного типу. Тиск рідини на вході в генератор коливань 6, регулювався за допомогою дроселя 4, а необхідний тиск на виході із генератора коливань 6, регулювався за допомогою дроселя 8.



Рисунок 1 – Загальний вид експериментальної установки для дослідження рідин

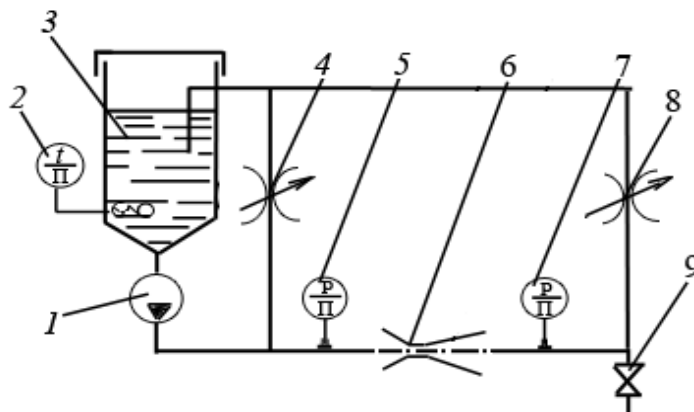


Рисунок 2 – Принципова гідравлічна схема установки для обробки рідин:

1 – насос; 2 – термометр; 3 – ємкість з рідиною; 4, 7 – дроселі;
5, 8 – манометри; 6 – генератор коливань; 9 – кран відбору проби

Обробка проводилась кавітатором (генератором коливань) з діаметром отвору центральної частини 0,7 мм, тиск на вході кавітатор $P_{\text{вх}}=6 \text{ кг/см}^2$. Тиск на виході з кавітатора змінювався наступним чином: $P_{\text{вих}}=0,5 \text{ кг/см}^2$, $P_{\text{вих}}=1 \text{ кг/см}^2$, $P_{\text{вих}}=2 \text{ кг/см}^2$, $P_{\text{вих}}=3 \text{ кг/см}^2$. Час обробки на кожному режимі складав 1 хв. Залежність значення октанового числа даного бензину від часу та інтенсивності обробки кавітацією визначалася за допомогою октанометру SX-300. Результати впливу інтенсивності кавітаційної обробки А-92 на величину октанового числа наведені в табл. 1. та представлені у вигляді залежностей на рис. 3.

Таблиця 1 – Значення октанових чисел автомобільного бензину марки А-92 при його обробці кавітацією.

Назва параметру	Вихідні дані	Тиск на вході в кавітатор $T_{\text{вх}}=6 \text{ кг/см}^2$			
		$P_{\text{вих}}=0,5 \text{ кг/см}^2$	$P_{\text{вих}}=1,0 \text{ кг/см}^2$	$P_{\text{вих}}=2,0 \text{ кг/см}^2$	$P_{\text{вих}}=3,0 \text{ кг/см}^2$
Температура T , °C	20,2	20,3	20,6	21	21
RON, од.	95	95,2	95,4	95,35	95,3
MON, од.	85	85,2	85,4	85,4	85,4
AKI од.	89,9	90,2	90,4	90,3	90,3

На рис. 4 представлені результати кавітаційної обробки бензину А-92. Як видно із графіків збільшення октанового числа при обробці інтенсивною кавітацією і зміною протитиску на виході кавітатора відбувається на початковому етапі обробки. Це вказує на те, що відбувається руйнування довгих вуглеводневих ланцюгів.

При збільшенні протитиску октанове число зменшується, що можна пояснити руйнуванням і коротких вуглеводнів.

Збільшення тиску на виході з кавітатора також викликає збільшення температури проби.

Отже при проведенні досліджень по кавітаційній обробці бензину А-92 слід провести ретельний аналіз структури проби на всіх етапах досліджень, це дасть змогу виявити вплив кавітації не тільки на октанове число а і на інші складові бензину А-92.

Визначення впливу часу обробки бензину А-92 кавітацією на величину октанового числа виконувались на установці (рис. 2) за наступних робочих параметрах:

- діаметр циліндричної частини кавітатора складав 0,7 мм;
- тиск на вході у кавітатор – 7 кг/см^2 ;
- тиск на виході з кавітатора – $0,5 \text{ кг/см}^2$ (протитиск);
- час обробки становив: 3 хв., 6 хв., 10 хв.;
- об'єм проби становив 300 см^3 .

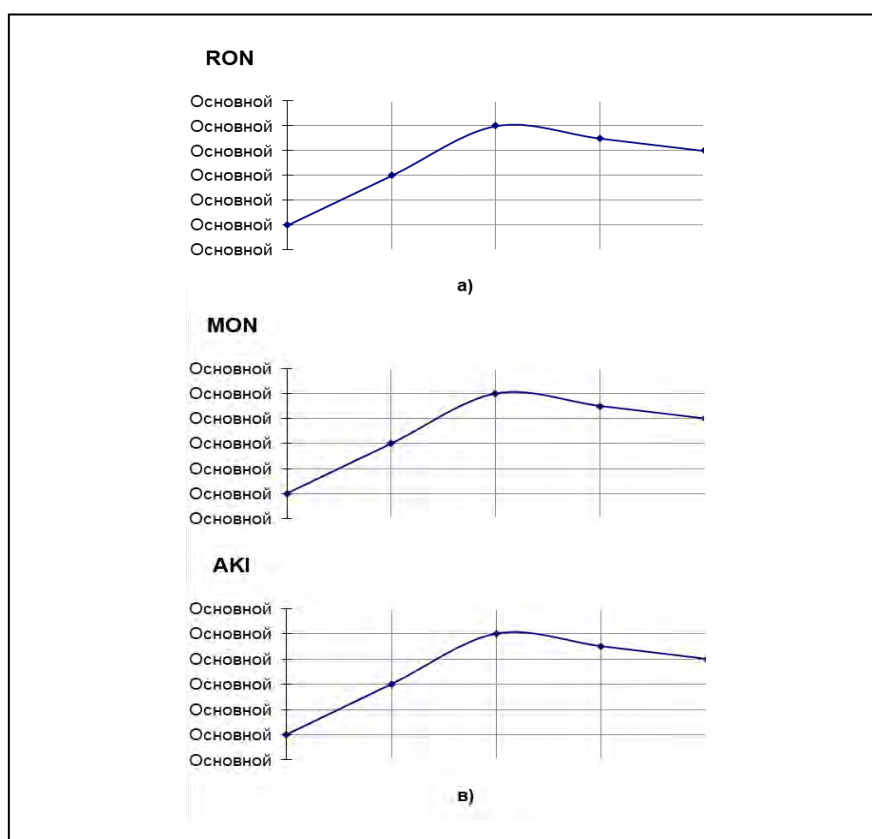


Рисунок 3 – Залежність значення октанового числа бензину марки А-92 від інтенсивності обробки кавітацією:

- а) октанове число визначене дослідним методом;
- б) октанове число визначене моторним методом;
- в) антидетонаційний коефіцієнт

Джерелом тиску обрано насос об'ємного типу. При проведенні досліджень тиск на вході в кавітатор (генератор коливань) і виході із кавітатора встановлювався за допомогою дросельних кранів, а величина тиску вимірювалась манометрами. Температура проби при дослідженні вимірювалась термометром. Час обробки проби бензину А-92 визначався за допомогою секундоміра.

Результати впливу часу обробки бензину А-92 кавітацією на величину октанового числа наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Кавітаційна обробка бензину А-92 (дослід від 10.09.15 р.)

Назва параметру	Вихідні дані	Обробка кавітацією		
		3 хв.	6 хв.	10 хв.
Температура Т, °С	20,1	21,5	23,4	25,1
RON, од.	95,6	95,8	96	96,4
MON, од.	85,7	85,8	86	86,6
AKI, од.	90,6	90,8	91,1	91,5

На рис. 4 наведений графік залежності значення октанового числа автомобільного бензину марки А-92 від часу обробки проби гідродинамічною кавітацією.

Аналіз графіків приведених на рис. 4 свідчить, що збільшення октанового числа проби при збільшенні часу обробки кавітацією відбувається за рахунок розриву довгих вуглеводнів та підвищення температури.

Під час експериментальних досліджень, на 3-й хвилині обробки кавітацією колір проби бензину змінився зі світло-жовтого до світло-коричневого. При чому, зі збільшенням часу обробки інтенсивність кольорі зростала. Що свідчить про зниження хімічної стабільності бензину зі зростанням часу обробки проби гідродинамічною кавітацією. А також, про необхідність застосування вакуумування проби палива при дослідженні, щоб видалити кисень.

З метою подальшого встановлення схильності тих чи інших вуглеводнів автомобільного бензину до окиснення, авторами заплановано подальші дослідження хроматографічним метою вуглеводневого складу автомобільного бензину до та після обробки кавітацією.

Наступним етапом досліджень було визначення фізичної стабільності досліджених проб бензину, а саме схильності до розшарування та значення октанового числа після обробки кавітацією та відстоювання. Після відстоювання зразків палива, що попередньо були оброблені кавітацією, на протязі 96 год., величина октанового числа зменшилась на 0,2 одиниці від значення октанового числа стану поставки, а продукти помутніння випали в осад (рис. 5-7).

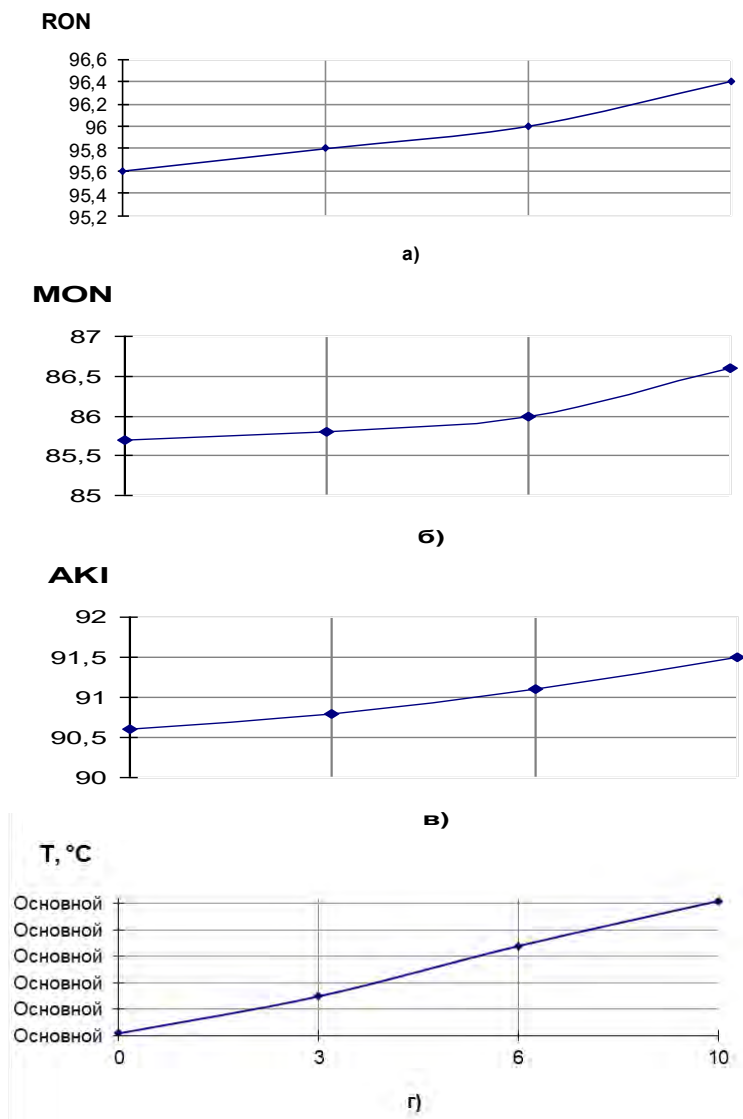


Рисунок 4 – Залежність впливу часу обробки кавітацією бензину А-92 на величину октанового числа: а) октанове число визначене дослідним методом; б) октанове число визначене моторним методом; в) антидетонаційний коефіцієнт; г) залежність температури проби автомобільного бензину від часу обробки



Рисунок 5 – Обробка бензину А-92 кавітацією: а) проба бензину марки А-92 не оброблювалася кавітацією;
б) проба бензину марки А-92, оброблена кавітацією на протязі 3 хв.;
в) проба бензину марки А-92, оброблена кавітацією на протязі (спостерігається помутніння проби);
г) проба бензину марки А-92, оброблена кавітацією на протязі 10 хв.



Рисунок 6 – Проби автомобільного бензину після відстоювання на протязі 96 год. (4 доби).

У пробках б, в і г продукти помутніння випали в осад.

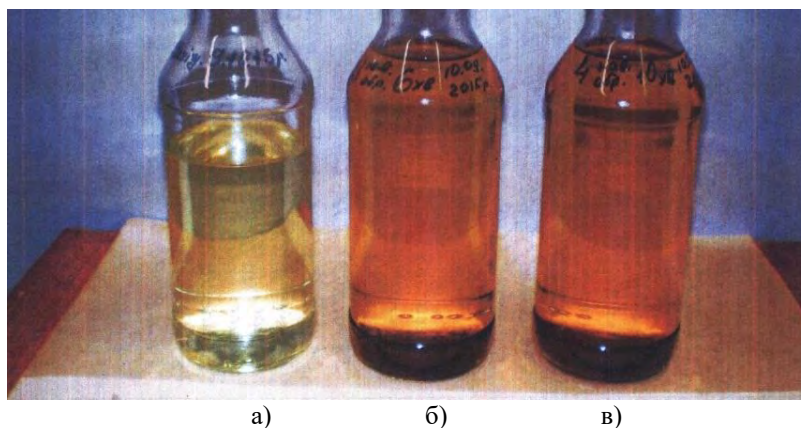


Рисунок 7 – Проби після тривалого часу (60 діб) відстоювання

Отже аналізуючи отримані експериментальні дані, можемо зробити висновок про вплив часу та інтенсивності обробки бензину на октанове число бензину, на його фізичну та хімічну стабільності.

Висновки. У результаті дослідження впливу обробки бензину гідродинамічною кавітацією на його властивості, встановили, що під час кавітаційної обробки збільшення октанового числа спостерігається на початковому етапі обробки. Збільшення часу кавітаційної обробки проб бензину А-92 негативно впливає на величину октанового числа, що приводить до помутніння проб з подальшим випадом осаду чорного кольору. Для визначення характеру впливу кавітаційної обробки на бензин А-92 авторами планується проведення подальшого повного лабораторного аналізу проб (зокрема визначення компонентного складу хроматографічним методом) на всіх етапах досліджень.

Список використаної літератури

1. Мілоцький В.В., Ганжа С.Н. Спосіб підвищення октанового числа газоконденсатних і нафтових прямогонних бензин / Вісник Східноукраїнського Національного університету ім. В. Даля .-№14 (203). – 2016. – 85-88 С.
2. Целіщев О.Б., Лорія М.Г., Носач В.О. Дослідження кавітаційного способу перетворення моторних палив / Технологии пищевой, легкой и химической промышленности. - №4/4(30), 2016. – 26-32
3. Бойченко С.В., Андрієшин М.П., Марчук Я.С., Рябоконт Л.А. Газ природний, палива та оливи. Монографія. Монографія. – Одеса: Астропринт, 2010.
4. Азаренкова А. О. Перспективи та недоліки використання біостанольної добавки до палив моторних сумішевих / Аксьонов О. Ф., Бойченко С. В., Азаренкова А. О. // Вісник Національного транспортного університету.– К.: НТУ, 2014. – Випуск 30. с. 3 – 8.
5. С.В. Бойченко, А. В. Яковлева, А. О. Азаренкова, І. О. Шкільнюк. Розроблення технічного регламенту щодо вимог до авіаційного бензину та палива для реактивних двигунів // Вісник Національного транспортного університету.– К.: НТУ, 2014. – Випуск 30
6. С. М. Гарасимчук Біохімічний метод отримання етилового спирту/ С. М. Гарасимчук, А. О. Азаренкова, М. С. Бойченко, М. Н. Барановський // Наукоємні технології. – К.: НАУ, 2014 – Том 21, №1, с. 18 – 21.
7. Кардашев Г.А. Физические методы интенсификации процессов химической технологии / Г.А. Кардашев. – М. : Химия, 1990. – 208 с.
8. Федоткин, И.М. Кавитация, кавитационная техника и технология, их использование в промышленности. Ч. II / И.М. Федоткин, И.С. Гулый. – Киев: ОКО, 2000. – 898 с.
9. Ивченко В.М., Кулагин В.А., Немчин А.Ф. Кавитационная технология. Красноярск: Уzd-во Красно яр. Ун-та, 1990. – 200с.
10. Васичкин В.И. Справочник по массажу. – Л.: Медицина, 1991. – 176с.
11. Глазков М.М., Ланецкий В.Г., Макренко Н.Г., Челюканов Н.П. Кавитация в жидкостных системах воздушных судов. Киев: КИИГА, 1987. – 64 с.
12. Пилипенко В.В. Кавитационные колебания. К.: Наукова думка, 1989. – 316 с.
13. Немчин, А.Ф. Новые технологические эффекты тепломассопереноса при использовании кавитации / А.Ф. Немчин // Пром. теплотехника. – 1997. – Т. 19, № 6. – С. 39–47.
14. Витенько, Т.Н. Механизм активирующего действия гидродинамической кавитации на воду / Т.Н. Витенько, Я.М. Гумницкий // Химия и технология воды. – 2007. – Т. 29, № 5. – С. 422–432.
15. Кнэпп, Р. Кавитация / Р. Кнэпп, Дж. Дейли, Ф. Хэммит. – М. : Мир, 1974. – 668 с.
16. Балабышко, А.М. Гидромеханическое диспергирование / А.М. Балабышко, А.И. Зимин, В.П. Ружицкий. – М. : Наука, 1998. – 330 с.
17. Витенько, Т.Н. Массообмен при растворении твердых тел с использованием гидродинамических кавитационных устройств / Т.Н. Витенько, Я.М. Гумницкий // Теор. основы хим. технологии. – 2006. – Т. 40, № 6. – С. 639–644.

S. Boychenko, Dr. Sc. Sciences., Prof. ORCID ORCID 0000-0002-1196-3852
V. Laneckiy, Cand.Sc. (Eng.), Assoc. Prof
I. Chernyak, Cand.Sc. (Eng.), Assoc. Prof
M. Radomska, Cand.Sc. (Eng.), Assoc. Prof
O. Kondakova, Ph.D. student
National Aviation University

RESEARCH OF CAVITATION INFLUENCE ON AUTOMOBILE GASOLINE OCTANE NUMBER

The solution of the tasks related to the improvement of fuels operating properties with simultaneous support or development of their environmental parameters is currently an important problem. The authors have analysed the possible methods of automobile gasoline treatment for the octane number increasing. Cavitation treatment is shown to be perspective and efficient method of affecting antiknock properties of petrols. In this article the results of research of cavitation treatment influence on octane number of brand A-92 petrol are presented.

Optimum operating parameters, at which the improvement of petrol octane number is achieved, have been defined. During cavitation treatment the octane number has been defined to grow at the initial stage. The increasing of cavitation treatment duration of petrol A-92 samples has negative influences on the level of octane number growth, which results in the dimness of samples and consequent formation of black sediment. The results of petrol physical stability testing after cavitation treatment have been also presented.

Keywords: cavitation treatment, motor-car petrol, octane number, motor fuels, physical stability, ethanol

С.В. Бойченко, д-р техн. наук, проф. ORCID 0000-0002-1196-3852
В.Г. Ланецкий, канд. техн. наук, доц.
Л.М. Черняк, канд. техн. наук, доц.
М.М. Радомская, канд. техн. наук, доц.
О.Г. Кондакова, аспирантка

Национальный авиационный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАВИТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ НА ОКТАНОВОЕ ЧИСЛО АВТОМОБИЛЬНОГО БЕНЗИНА

Сегодня принципиально важным является решение проблемы повышения эксплуатационных свойств топлив с одновременным сохранением или же улучшением их экологических характеристик. Авторами статьи проанализированы возможные способы обработки автомобильного бензина, с целью повышения октанового числа. Определено, что кавитационная обработка является перспективным и эффективным способом влияния антидетонационные свойства автомобильных бензинов. В данной статье представлены результаты исследования влияния кавитационной обработки автомобильного бензина марки А-92 на его октановое число. Установлены оптимальные рабочие параметры, при которых достигается улучшение повышения октанового числа бензина. Установлено, что во время кавитационной обработки увеличения октанового числа наблюдается на начальном этапе обработки. Увеличение времени кавитационной обработки проб бензина А-92 негативно влияет на величину октанового числа, которое приводит к помутнению проб с последующим выпадением осадка черного цвета. Также представлены результаты исследования физической стабильности автомобильного бензина после обработки кавитацией.

Ключевые слова: кавитационная обработка, автомобильный бензин, октановое число, моторные топлива, физическая стабильность, этанол

Надійшла 30.03.2017
Received 30.03.2017